

地域環境設計における地表面熱収支の応用研究

（第2報） 大阪地域における人工排熱量の推定

森山正和・森谷 守・西山和成

Applied Study of the Earth Surface Heat Budget for Regional Environmental Design

Part 2. Estimation of Artificial Heat Released in Osaka District

MASAKAZU MORIYAMA, MAMORU MORITANI AND KAZUSHIGE NISHIYAMA

まえがき

地表面熱収支のうち、太陽エネルギーによるものを自然熱、人為的エネルギー消費によるものを人工排熱と呼ぶことにする。前者は文献¹⁾のサーマル・システム・モデルにおける一次破壊系に、後者は二次破壊系に相当する。第一報²⁾において、地表面熱収支計算の方針及び夏季の緑地における実測の結果について述べ、主に自然熱の検討を行った。本報は、大阪地域における人工排熱の分布を検討したものである。人工熱に関する従来の研究としては尾島・根津ら^{3), 4), 5), 6)}による一連のものがあり、東京都23区について、様々な原単位手法を用いて詳細に検討している。⁶⁾堀江・広川ら⁷⁾は都市とその周辺地区の日最低気温差を調べ、平野や盆地にある都市におけるエネルギー消費密度と日最低気温差の上昇との間に相関があることを見出している。また、SCEP (the Study of Critical Environmental Problems) による報告書⁸⁾は人工排熱による気象・気候への影響に関する研究の必要性について、研究例を示して説明している。

I. 解析対象地域

解析の対象地域として、大阪府（面積約1856km²）を選び、その中で市街化の激しい大阪市（面積約206km²）及び開発のあまり進んでいない泉南郡、泉南市、泉佐野市（本報告では泉南地区と呼ぶことにする。面積は合計約200km²）を比較的详细に検討する地区として選んだ。分布図はメッシュ表示とし、総理府統計局の緯度経度によるメッシュを基本として使用した。大阪府は2.5kmメッシュ（約6.65km²）、大阪市及び泉南地区は500mメッシュ（約0.26km²）として解析した。

第一報²⁾表-3に示した都市スケールの単位土地利用（500mLUN）⁹⁾の各対象地区における集計を図-1に示す。大阪府は約45%が森林で、約18%が散在居住地であ

る。大阪府は約45%が総描市街地で、約31%が散在居住地である。泉南地区は64%が森林となっており、大阪市と泉南地区は面積的にはほぼ等しいが、土地利用はかなり異なっている。

II. 推定方法

種々の人工排熱源の中で、資料収集における制約等から次の5分類で集計した。①火力発電所、②ゴミ焼却施設③自動車、④住宅、⑤工場・事業場。使用した資料は昭和45年から49年迄のデータで、集計の単位は年間の合計値で示してある。各種燃料の発熱量の仮定を表-1に示す。

(1)火力発電所は大阪府下に5ヶ所（関西電力）ある。排熱量は表-2に示す如く算定した。

(2)ゴミ焼却施設は大阪府下にある自治体に関与する全て

大阪府（500mメッシュ数 8525個）

水面 ① 5.3	水田 ② 18.8	森林 ⑤ 44.6	散在居住地 ⑦ 18.3
裸地①1.4 田園居住地⑥0.9 総描市街地⑧7.1			

大阪市（500mメッシュ数 852個）

① 11.6	③ 8.3	⑦ 30.6	⑧ 44.6
①1.6 ②2.9 高層市街地⑨0.4			

泉南地区（500mメッシュ数 764個）

② 19.9	⑤ 63.6	⑦ 9.4
①0.5 ③1.2 ⑥0.5 ⑧3.5		
④1.8		

図-1 都市スケールの単位土地利用（500mLUN）による解析対象地域の土地利用比率
（注）数字は%

の工場(32ヶ所)を対象とし、表-2に示す如く算定した。

(3)交通機関に関しては、作業量及び資料上の制約から自動車のみを対象とし、かつ主要道路のみの集計とし、表-2の如く算定した。但し、泉南地区の自動車による排熱分布は、500mメッシュで読み取れる資料が入手できなかったため、2.5kmメッシュのデータを割り当てている。

(4)住宅からの排熱量は、表-2に示す如く夜間人口をもとに算定した。

(5)工場・事業場は、表-2に示す如く大阪府及び大阪市によるばい煙発生施設の実態把握を目的とする調査資料

表-1 各種燃料の発熱量の仮定

燃料種類	単位	発熱量 (kcal)
木材	m ³ (層積)	1,540×10 ³
石炭	kg	7,700
コークス	kg	6,800
原油	ℓ	9,400
重油	ℓ	9,900
軽油	ℓ	9,200
灯油	ℓ	8,900
ナフサ	ℓ	8,600
ガソリン	ℓ	8,600
L P G	kg	12,000
L N G	kg	13,300
都市ガス	m ³	4,500
高炉ガス	m ³	800
電力	kwh	860

(注)主に文献(10)を参考とした。

から求めた。しかし、電力消費量は、上記資料に含まれていないため、別集計とした。工場・事業場は、一般の工場の他、ガス製造施設、官公庁、浴場、商店、デパート、学校、病院、一般ビル等を含んでいる。

電力を除いた燃料による工場・事業場からの排熱量はその分布の作成に当たり、市区町村行政区域別に割り当てている。後述する如く、排熱総量に占める工場・事業場の割合が大きい事を考えれば問題点として残るが、他に適切な資料がないため、このような集計方法で行った。なお、堺市は面積が132km²と大きく、北にコンビニート、南にはニュータウンがある。従って排熱量の分布は市域の平均値を使えば実際とはかなり異なったものになってしまう。ここでは、堺市の排熱総量を製造品出荷額(堺経済要報、1974年版、堺商工会議所・堺産業経済研究所から求めた。)による重み付けで7地区に分けて算出した。また、住宅用を除いた電力消費量は、大阪府下13の営業所別に資料が整理されており、行政区域別資料と同様な方法でメッシュに割り当てており、同様な問題点がある。

III. 推定結果

(1)人工排熱の総量から見ると、大阪府は 174.2×10^{12} kcal/年、大阪市は 39.3×10^{12} kcal/年で、大阪市は大阪府の約23%を占めており、面積的には大阪府の約11%である。泉南地区は大阪市とほぼ同じ面積であるが、排熱量は 7.9×10^{12} kcal/年で大阪市の約1/5と小さい。なお、文献(12)によれば、昭和45年度の大阪府における最終消費エネルギー総量は、 176.9×10^{12} kcal/年となっており、本調査結果と年度の違いはあるが、ほぼ一致している。

図-2において、排出源別の割合を見ると、大阪府に

表-2 人工排熱の計算式と仮定

Q:人工排熱量

排出源	計算式	算定の根拠	使用資料
火力発電所	$Q = [\text{燃料使用量}] \times [\text{発熱量}] \times [1 - (\text{発電効率})]$	発電効率37.8%	○大阪府下発電所別発電量資料より 昭和45年度データ 関西電力
ゴミ焼却施設	$Q = [\text{ゴミ焼却量}] \times \left[\begin{array}{l} \text{「ゴミ焼却施設における} \\ \text{1 t 当たりの熱排出量} \end{array} \right]$	ゴミ1 t 当たり焼却施設の熱排出量 ⁵⁾ 1.5Gcal/t	○「大阪府・大阪市工場別ゴミ焼却処理状況」昭和48年度データ 大阪府
自動車	$Q = \sum_{\text{交通量別}} \{ [\text{区間道路長(km)}] \times [\text{断面交通量(台/年)}] \times [\text{ガソリン消費量(ℓ/km・台)}] \times [\text{発熱量(kcal/ℓ)}] \}$	1台当たりガソリン消費量 0.1 ℓ/km・台	○「大阪府管内道路交通情勢調査自動車平均交通量図」 昭和49年データ 大阪府 ○「大阪市主要街路自動車交通量図」 昭和49年データ 大阪市
住宅	$Q = [\text{夜間人口}] \times [\text{住宅の1人当たりエネルギー消費量}]$	1人当たりエネルギー消費量 ¹¹⁾ 1.37×10^6 kcal/年・人	○「大阪府人口総数メッシュ・マップ」 昭和45年国勢調査データ 大阪府
工場・事業場	$Q = [\text{燃料使用量}] \times [\text{発熱量}] + [\text{電灯を除いた電力使用量}] \times 860 (\text{kcal/kwh})$	ばい煙発生施設調査データによるものと、電灯(住宅用)を除いた電力使用量から求めた。	○「大阪府・大阪市燃料使用状況調査報告書」昭和48年度データ 大阪府 ○大阪府下営業所別電力使用量実績資料 昭和48年度データ 関西電力

おいては70%が工場・事業場によるもので、火力発電所が15%、住宅は6%にすぎない。大阪市は大阪府下と比較すると自動車及び住宅の割合が大きい。泉南地区は火力発電所が44%を占めている。

(2)大阪府における火力発電所及びゴミ焼却施設による排熱量の分布を図-3に、自動車によるものを図-4に、住宅によるものを図-5に、工場・事業場によるものを図-6に示す。分布図はすべて5段階で表示してある。火力発電所では堺港火力が最大で 14.5×10^{12} kcal/年となっている。自動車及び住宅は1メッシュ当たりの排熱量が比較的小さく、ほぼ一様に分布しているが、大阪市及びその周辺地域が比較的大きな値を示している。工場・事業場は大阪市及び堺市の臨海部に大きく、1メッシュ当たりの排熱量も大きな値を示している。

大阪府全体の総排熱量の分布を図-7に示す。また、大阪府を図-8に、泉南地区を図-9に示す。

大阪府における人工排熱の分布は、図-7に示す如く大阪市の北部及び西部、堺市の臨海部が大きい。特に火力発電所を含むメッシュが大きく、最大値は堺港発電所のあるメッシュで、 17.3×10^{12} kcal/年(2.5kmメッシュ)で、大阪府全体の約10%に相当する。排熱の少ない地域は、大阪北部の豊能郡及び南東部の河内長野市付近となっている。

大阪府は土地利用においても、総描市街地が多く、図-8に示す如く全体的に排熱量は大きい。特に臨海部の

此花区、大正区が大きくなっている。最大値は大阪火力発電所を含むメッシュで、 4.6×10^{12} kcal/年(500mメッシュ)である。

一方、泉南地区は土地利用から見れば市街化地域は臨海部に限られ、森林が全体の半分以上を占めており、排熱量は大阪府に比較して全体的に小さい。

(3)排熱量が相対的に大きいと思われる都市及び国の排熱密度(1km²当たりの排熱量)を本調査結果と比較してみる。図-10に示す如く、排熱密度は対象とする地域の面積により異なる。面積を大きくとれば排熱密度は一般に小さくなり、逆に、大規模な工場や稠密な市街地を含む地域は面積を小さくとる程、きわめて大きな排熱密度となる。従って対象面積の大きく異なる地域の排熱密度を単純に比較することはできない。10²~10³km²の地域で見れば、大阪府は東京都23区、西ベルリン、ハンブルグと同程度の排熱密度である。(但し、諸外国のデータは年度が明確でない)また、ニューヨーク(マンハッタン)、モスクーはきわめて大きな値を示している。

世界の中で排熱密度が大きいと思われる地域の排熱密度と面積は図-10に見られる如く指数関数的な関係になっていることが推定される。

IV. 結 語

かなり概略的な集計ではあるが、大阪地域の人工排熱の分布について述べた。問題点をまとめて列記すれば、以下の如くなる。

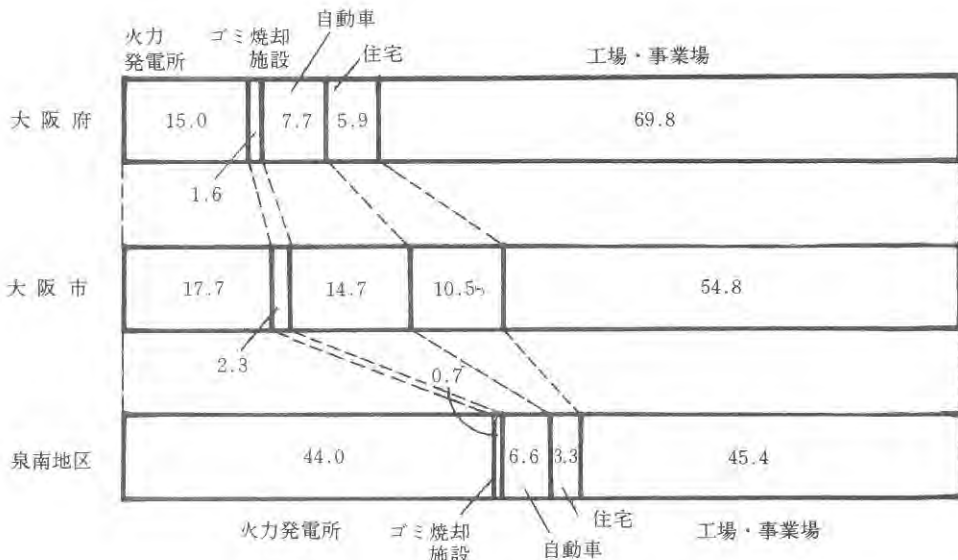


図-2 人工排熱総量に対する排出源の割合
(注) 数字は%

図-3 大阪府における
火力発電所及び
ゴミ焼却施設に
よる排熱量の分
布(2.5kmメッシュ)
○印:火力発電所

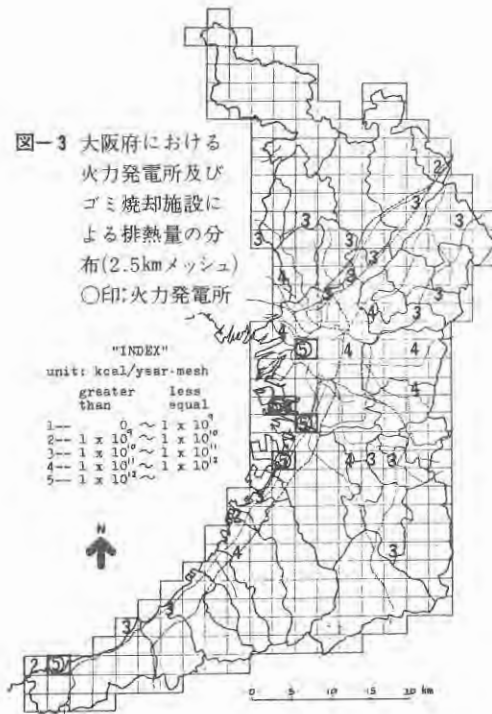


図-4 大阪府における
自動車による排
熱量の分布
(2.5kmメッシュ)



図-5 大阪府における
住宅による排熱
量の分布
(2.5kmメッシュ)



図-6 大阪府における
工場・事業場に
よる排熱量の分
布(2.5kmメッシュ)





図-8 大阪市における総排熱量の分布 (500mメッシュ)

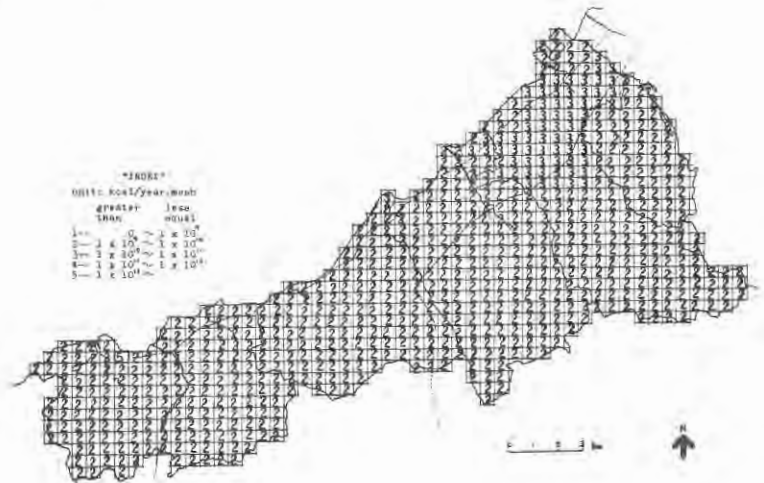


図-9 泉南地区における総排熱量の分布 (500mメッシュ)

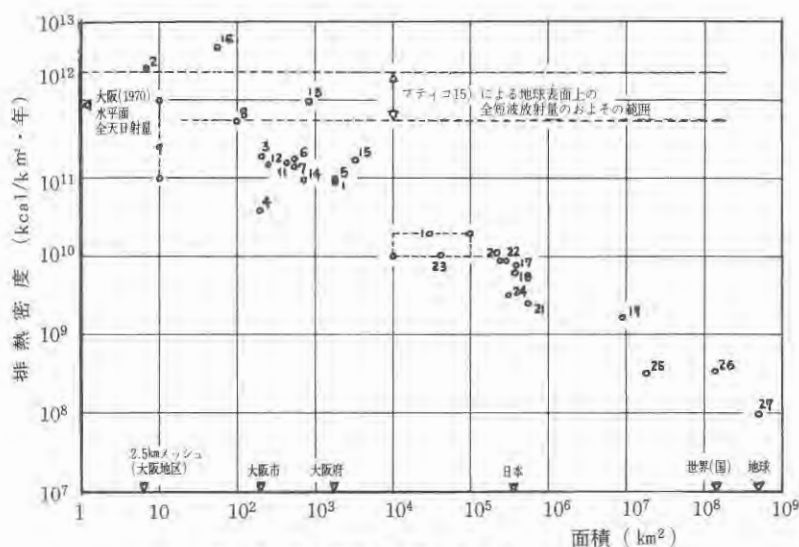


図 10 排熱密度と面積との関係

(注) 5, 7, 12~26の排熱密度はエネルギー消費量を面積で除したものの。

- インデックス
- 1 大阪府
 - 2 大阪府 2.5km
メッシュ最大
 - 3 大阪府
 - 4 泉南地区
 - 5 大阪府(1970)12)
 - 6 東京都23区 6)
 - 7 東京都23区 13)
 - 8 関東10km
メッシュ最大3)
 - 9 大都市 15)
 - 10 工業地帯 15)
 - 11 シェフィールド(1952) 14)
 - 12 西ベルリン 16)
 - 13 モスコ 16)
 - 14 ハンブルグ 16)
 - 15 ロスアンゼルス 16)
 - 16 ニューヨーク(マンハッタン) 16)
 - 17 日本(1972) 10)
 - 18 日本(1970) 17)
 - 19 アメリカ(1970) 17)
 - 20 イギリス(1970) 17)
 - 21 フランス(1970) 17)
 - 22 ドイツ(1970) 17)
 - 23 オランダ(1970) 17)
 - 24 イタリア(1970) 17)
 - 25 ソ連(1970) 17)
 - 26 世界(国)(1970) 17)
 - 27 地球 15)

(1)使用した資料が、昭和45年～49年のデータで、年度的な統一がとれていない。

(2)本解析では人間や動物の代謝による放散熱量を加えていない。人間の代謝量は年齢、性別、動作等により異なるが、2000～5000kcal/日・人の範囲といわれている。¹⁸⁾例えば3,200kcal/日・人¹⁴⁾とすれば、大阪府下で 8.9×10^{12} kcal/年となり、ゴミ焼却施設による排熱量の約3倍となる。この値を加えた大阪府の総量に対しては約5%である。

(3)交通機関については、電車、地下鉄、船舶等は集計の対象としていない。また、自動車の交通量調査は、きわめて短時日しか行われていないが、年間の代表値として扱っており、車種別の考慮も行っていない。

(4)工場・事業場は排熱総量に占める割合が大きい。しかし、燃料使用量については行政区画別、電力消費量については営業所別の資料しか得られなかったため、分布図にその影響が認められる部分もある。特に、泉南地区に見られる。

(5)人工排熱の捨て場を大気・水・土壤に分けていない。

(6)大阪府の分布図を作成するに当たり、地区の境界を含むメッシュについては、地区内の排熱量のみ算定しているため、それらのメッシュは相対的に値が小さくなっている。

(7)今後、大阪府の評価に当たっては、より広範な地域、例えば、近畿圏、京阪神地区での解析が必要となろう。

本報の研究を進めるに当たり、次の方々にお世話戴いた。早稲田大学 尾島俊雄先生 大阪市立大学 大志野章先生、同 田中康夫先生 日本環境技研 根津浩一郎氏、また、大阪府生活環境部環境整備課、公害室大気課、公害対策課、企画部統計課、大阪市総合計画局企画部、その他の方々から資料の提供を受けた。また、大阪市立大学 住居機構研究室の諸先生から大変援助して戴き、元研究生 上藤和男氏に作業を手伝って戴いた。これらの方々に謝意を表します。

文 献

- 1) 尾島俊雄：熱くなる大都市 (NHKブックス 236), 日本放送出版協会, p.111, (1975)
- 2) 森山正和, 中島枝美, 岩本真理子, 直原純子, 平野哲郎：地域環境設計における地表面熱収支の応用研究 (第1報), 本紀要, 23, 109-118 (1975)
- 3) 尾島俊雄, 根津浩一郎：サーマル・システム・モデルの作成 (その10) 関東地域人工熱排出分布図の作成, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1973)
- 4) 尾島俊雄, 根津浩一郎：都市の熱消費, 熱排出構造に関する研究 (その1) 生産施設の熱消費指標, 熱排出指標に関する調査解析, 日本建築学会論文報告集, 236, 41-48 (1975)
- 5) 尾島俊雄, 根津浩一郎：都市の熱消費, 熱排出構造に関する研究 (その2) ゴミ焼却施設の熱排出, 熱回収, 熱利用指標に関する調査解析, 日本建築学会

- 論文報告集, 239, 73-81 (1976)
- 6) 総合研究開発機構, (財)産業研究所：大都市圏におけるエネルギー消費による熱の影響分析 (1976)
 - 7) 堀江悟郎, 広川美子, 渡辺正博, 塚本信行, 中村幸彦：都市におけるエネルギー消費密度の都市気温に及ぼす変化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1973)
 - 8) SCEPT: Man's Impact on the Global Environment, MIT, p. 63, 96 (1970)
 - 9) (財)日本情報開発協会産業エコロジー特別研究開発部：環境における熱収支の解析に関する研究 (1975)
 - 10) 資源エネルギー庁長官官房総務課編：総合エネルギー統計, 昭和51年度版
 - 11) (財)国土開発技術研究センター：建築物におけるエネルギーの利用効率向上に関する研究報告書 (1974)
 - 12) (財)大阪問題総合研究所：都市活動資源の需給システムに関する調査研究 (1974)
 - 13) 早川一也, 後藤光利：都市におけるエネルギー消費量の調査研究—東京都23区におけるケース・スタディ, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1975)
 - 14) Garnett, A. and Bach, W.: An Estimation of the Ratio of Artificial Heat Generation to Natural Radiation Heat in Sheffield, Monthly Weather Review, 93, 383-385 (1965)
 - 15) エム・イ・ブディコ(内嶋・岩切訳)：気候と生命, 上, 下, 東京大学出版会 p.150, 469 (1973)
 - 16) 土屋巖：都市大気の熱汚染, 水利科学, 16, 41-69 (1971)
 - 17) 国際連合統計局編(美濃部翻訳監修)：世界統計年鑑, Vol. 23, 1971, 原書房 (1972)
 - 18) Winslow, C. E. A. and Herrington, L. P. (北・竹村訳)：温度と人間, 人間と技術社 p.18 (1974)
 - 19) 森山正和, 森谷守：地表面熱収支機構に関する研究(その4)大阪地区における人工排熱の分布, 日本建築学会近畿支部研究報告集 (1976)

Summary

In part 1, we described about the outline of earth surface heat budget's calculation and the result of field survey at green area. In this paper, artificial heat released is described and it is one of two components about the earth surface heat budget, namely natural heat and artificial heat released. The case study areas were decided in Osaka district and three studies were done. The one is Osaka prefecture (the area is 1856 km²), the one is Osaka City (the area is about 206 km²) as the developed in Osaka prefecture and the one is Sennan area (the area is about 200 km²) as the undeveloped region. The collected data are at 1970-1974.

Consequently, the distribution of the artificial heat released is presented with 2.5 km mesh in Osaka prefecture, and with 500 m mesh in Osaka City and Sennan area. The artificial heat released is 174.2×10^{12} kcal/year at Osaka prefecture, 39.3×10^{12} kcal/year at Osaka City and 7.9×10^{12} kcal/year at Sennan area. Though Osaka City and Sennan area are almost equal on the area, but the artificial heat released is very different.

The density of artificial heat released is 93.8×10^9 kcal/km²·year in Osaka prefecture, 192.6×10^9 kcal/km²·year in Osaka City and 39.4×10^9 kcal/km²·year in Sennan area. In 10^2 - 10^3 km² area, the value of Osaka City is almost equal to Tokyo metropolitan area (ku-area), West Berlin, Sheffield and Hamburg.